

Wes

KYMIJOEN SEDIMENTTIEN HAITTA-AINETUTKIMUS 1996

TUTKIMUSRAPORTTI

27.11.1996

Keijo Mäntykoski, Jarmo J. Meriläinen, Juhani Hynynen, Leena Welling & Allan Witick

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	1
2. Näytteet	3
3. Analyysimenetelmät	4
3.1 Nokihiukkasanalyysi	4
3.2 Kloorifenolit	4
3.3 Hartsihapot	4
3.4 PCB, PCDD, PCDF	4
3.5 Elohopea	5
4. Tulokset	5
4.1 Sedimenttien laatu	5
4.2 Ajoitustulokset	5
4.3 Kemiaalliset määritykset	5
4.3.1 Vapaat ja kemiallisesti sitoutuneet kloorifenolit	6
4.3.2 Hartsihapot	6
4.3.3 Polyklooratut bifenyylit (PCB)	6
4.3.4 Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit (PCDD) ja dibentsofuraanit (PCDF)	7
4.3.5 Elohopea	7
4.4 Raja-arvot	7
5. Johtopäätökset	8

KUVAT

- Kuva 1. Kymijoen vesistöalueen sedimenttitutkimuksen näytteenottopisteet
Kuva 2. Jaalan Pyhäjärven sedimenttikerrosten nokihiukkasanalyysi

LIITTEET

- Liite 1. Näytetiedot
Liite 2. Vapaiden kloorifenolien pitoisuudet sedimenttinäytteissä
Liite 3. Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenoleiden pitoisuudet sedimenttinäytteissä
Liite 4. Sedimenttinäytteiden hartsihappopitoisuudet
Liite 5. Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet
Liite 6. Sedimenttinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet
Liite 7. Sedimenttinäytteiden elohopeapitoisuudet

1. JOHDANTO

Merenkulkuhallitus tilasi 24.1.1996 Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskukselta Kymijoen vesistöalueen sedimenttien haitta-ainepitoisuuksia koskevan tutkimuksen. Sedimenteistä analysoitiin vapaiden ja kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien, hartsihappojen, polykloorattujen bifenyyliden (PCB), polykloorattujen dibentso-p-dioksiinien (PCDD), polykloorattujen dibentsofuraanien (PCDF) sekä elohopean pitoisuuksia.

Tutkimus on osa Kymijoen kanavarakentamista koskevaa selvitystyötä ja sen tarkoituksena on antaa tutkimuksen tilaajalle tietoa edellä mainittujen yhdisteiden esiintymisestä ja ympäristövaikutuksista kanavan rakentamisen yhteydessä mahdollisesti käytettävillä läjitys- ja ruoppausalueilla. Tutkimuksen tuloksia hyödynnetään myös Suomen ympäristökeskuksen koordinoimassa 'Organoklooriyhdisteet Kymijoen sedimentissä' -tutkimuksessa (KYPRO-projekti) sekä myöhemmin mahdollisesti tilattavassa Kymijoen kanavahankkeen ympäristöriskejä koskevassa selvitystyössä.

Ympäristöntutkimuskeskus ja Jyväskylän yliopiston kemian laitos ovat analysoineet /1-3/ Kymijoen vesistöalueelta sekä Kymijoen edustan merialueilta otetuista näytteistä haitta-ainepitoisuuksia myös aiemmin. Tutkimuksia on tehty mm. sedimentteistä, vesistä, kaloista ja simpukoista. Kanavarakentamiseen ympäristöntutkimuskeskus perehtyi 1990-luvun alussa valmistuneen Keitele-Päijänne - kanavan rakentamisen yhteydessä osallistuessaan rakentamisen aiheuttamien ympäristövaikutusten arvioimiseen /4/ sekä ruoppaus- ja läjitysalueilla tehtyihin sedimenttitutkimuksiin /5/. Edellä mainituissa tutkimuksissa saatuja tuloksia sekä kehitettyjä analyysimenetelmiä on hyödynnetty myös tämän tutkimuksen suunnittelussa ja käytännön toteutuksessa.

Kymijoki edustaa alajuoksullaan erityisesti puunjalostus- ja kemiallisen teollisuuden vaikutuspiirissä olevaa aluetta. Alueella olevan teollisuuden luonteen sekä aiempien tutkimustulosten perusteella oli luontevaa valita nimenomaan alussa mainitut yhdisteet tutkimuskohteeksi.

Fenoliset klooriyhdisteet /7-9/ ovat määrällisesti ja akuuttimyrkkykuormanakin tärkeä pienimolekyylisten valkaisuaineiden ryhmä. Ympäristöstä tavattavat yleisimmät kloorifenolit (PCP) voidaan jakaa kahteen ryhmään. PCPI edustaa puunsuoja-aineiden ja polttojen päästöjä ja PCPII erikoisesti selluteollisuuden valkaisuvesien jäämiä. PCPI-ryhmän tunnetuin yhdiste on pentakloorifenoli, jota on aiemmin käytetty puutavaran sinistykseenestona ja jota edelleen esiintyy kaikkialla luonnossa, vaikka sen valmistus ja käyttö on lopetettu. PCPII-ryhmässä esiintyvät klooriguajakolit ja kloorikatekolit ovat puusta peräisin oleva ligniinin hajoamistuotteita. Tärkeimmät yhdisteet ja niistä käytetyt lyhenteet on esitetty taulukossa 1.

Kloorifenolit esiintyvät sedimentissä kahdessa muodossa, joko ns. vapaina yhdisteinä tai orgaaniseen aineeseen sitoutuneina. Pääosa vedestä ja sedimentistä tavatuista yhdisteistä on sitoutuneena orgaaniseen aineeseen.

Taulukko 1. Tärkeimmät kloorifenolipäästöissä esiintyvät yhdisteet.

Ryhmä	Yhdiste	lyhenne
PCPI	2,4,6-trikloorifenoli	246-TrCP
	2,3,4,6-tetrakloorifenoli	2346-TeCP
	pentakloorifenoli	PeCP
PCPII	2,4,5-trikloorifenoli	245-TrCP
	3,4,5-triklooriguajakoli	345-TrCG
	4,5,6-triklooriguajakoli	456-TrCG
	tetraklooriguajakoli	TeCG
	3,4,5-trikloori-2,6-dimetoksifenoli	DMP
	3,4,5-trikloorikatekoli	345-TrCC
	tetrakloorikatekoli	TeCC

Hartsihapot /10/ ovat diterpeenirakenteisia monokarboksyylihappoja, jotka ovat tärkeitä puun komponentteja. Puun luonnolliset hartsihapot, palustriini-, levopimaari- ja mesabietiinihappo, ovat pysymättömiä ja muuttuvat sellun keiton aikana tai spontaanisti hapettuen tai isomeroituen pysyvämmiksi yhdisteiksi, kuten abietiini- ja dehydroabietiinihapoiksi. Puunjalostusteollisuudesta vesistöön pääsevät alifaattiset ja aromaattiset karboksyylihapot sekä hartsihapot ja niiden kloorautumistuotteet ovat voimakkaasti myrkyllisiä kaloille. Varsinkin hartsihapot kertyvät kalojen sappeen. Yhdisteiden kohtalainen hajaantuvuus ja heikko biokeraäntymispotentiaali viittaavat kuitenkin siihen, että aineista ei aiheudu varsinaista ympäristöriskiä, vaan haitta rajoittuu päästölähteen läheisyyteen /8/.

PCB on eräs laajimmin ympäristöön levinneistä haitallisista kemikaaleista. Jäämiä löydetään kaikkialta ympäristöstämme (mm. kalat, linnut, ihminen, maaperä, sedimentit /11/, savukaasut, ilmakehä, kierrätyspaperi) niin teollistuneilla alueilla kuin myös napajäätiköillä /12,13/. Ympäristössä havaittu PCB on peräisin vuosikymmeniä jatkuneesta laajasta teollisesta käytöstä (esim. kondensaattori-, muuntaja- ja hydraulikkaöljyt, painomusteet, itsejäljentävät kopiopaperit, purukumit, huulipunat, jne.). Ensimmäiset havainnot PCB:n esiintymisestä ympäristössä tehtiin 1960-luvun puolivälissä /14/. Seuraavan kahden vuosikymmenen aikana suoritettuisa laajoissa tutkimuksissa havaittiin mm. PCB:n hajoamattomuus ympäristössä sekä sen rikastuminen ravintoketjussa. PCB kuuluu myös syöpävaaraa aiheuttaviin aineisiin /12,15,16/. Edellä esitettyjen tulosten perusteella PCB:n käyttöä ja valmistusta alettiin rajoittaa useissa maissa 1980-luvulla. Suomessa sen käytöstä luovuttiin kokonaan vuoden 1994 loppuun mennessä. Vuoteen 1984 mennessä maailmassa oli tuotettu noin 1.2×10^6 tonnia PCB:tä. Suomessa PCB:tä on käytetty noin 2.0×10^3 tonnia /16,17/.

PCDD- ja PCDF-yhdisteet ovat myrkyllisimpiä ihmisen syntetisoimia kemikaaleja. Lisäksi ne ovat kemiallisesti erittäin kestäviä, joten niiden hajoaminen luonnossa on hidasta. Yhdisteiden myrkyllisyys vaihtelee huomattavasti klooriatomien määrästä ja sijainnista riippuen. Myrkyllisin on 2,3,7,8-tetraklooridibentso-p-dioksiini. Dioksiineja ja dibentsofuraaneja muodostuu epäpuhtautena mm. kemian teollisuudessa

(esim. torjunta-aineiden ja puunsuojausaineiden valmistus), metallinvalmistuksessa, energiantuotannossa, jätteenpoltossa, liikenteessä sekä metsäteollisuudessa /18/.

Sedimenttinäytteiden ajoituksessa käytettiin nokihiukkasanalyysia. Nokihiukkasanalyysi perustuu havaintoon, että öljyn ja kivihiilen poltossa syntyy sintraantuneita karbonaattisia tai pyöristyneitä mineraalisia tuhkapalloja, jotka kerrostuvat ilmaperäisen laskeuman yhteydessä sedimentteihin. Alueellisella tasolla niiden määrä heijastaa yleistä fossiilisten polttoaineiden kulutustrendiä, johon vertaamalla voidaan esittää ajallinen rinnastus.

2. NÄYTTEET

Näytteenotto suoritettiin vaikeiden jääolosuhteiden vuoksi kahdessa osassa 12.3.1996 ja 12.-14.6.1996. Ensimmäisessä näytteenotossa näytteenottajina toimivat laboratoriomestari Olli Nousiainen ja tutkimusteknikko Tuomo Ellonen ympäristöntutkimuskeskuksesta ja jälkimmäisessä näytteenotossa tutkimusteknikot Tuomo Ellonen ja Markku Repo ympäristöntutkimuskeskuksesta. Näytteet otettiin Merenkulkuhallituksen ja tutkimuskeskuksen 14.12.1995 laatiman näytteenottosuunnitelman mukaisesti seuraavista kahdeksasta näytteenottopisteestä:

1. Pyhäjärvi
2. Kuusaanlampi
3. Ruotsulan-Keltin alue
4. Keltin sulun alapuoli
5. Koria
6. Myllykoski, Halkoniemi-jokisuun alue
7. Koskenalus-järvi
8. Suurisaaren (Heinäsaari) alue

Havaintopaikoista pisteet 1, 2 ja 7 ovat järvisyvän teitä ja muut pisteet virtapaikkoja. Pyhäjärvi valittiin mukaan vertailualueeksi. Muut Kymijokivarren teollisuusalueella sijaitsevat havaintopaikat valittiin sellaisilta alueilta, joissa Kymijoen kanavan mahdollisen rakentamisen yhteydessä tulee sijaitsemaan maamassojen läjitysalueita tai alueella suoritetaan ruoppauksia.

Näytteet otettiin sekä järvisyvän teistä että virtapaikoilta Limnos-sedimenttinoutimella. Jokaiselta syvänehavaintopaikalta nostettiin useampi rinnakkaisprofiili (0-30 cm), jotka kaikki jaettiin yhden senttimetrin osanäytteisiin. Näytteiden yhdistäminen tehtiin vasta ajoitustulosten (nokihiukkasanalyysi) jälkeen laboratoriossa. Virtapaikoilta näytteet otettiin sedimentin pinnasta (0-5 cm). Yhteensä näytteitä otettiin kahdeksasta havaintopaikasta 24 kappaletta.

Näytteenottopisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1 ja tarkemmat näytetiedot liitteessä 1.

3. ANALYYSIMENETELMÄT

3.1 Nokihiukkasanalyysi

Nokihiukkasanalyysia varten sedimenttiprofiilista otettiin 1 senttimetrin välein noin 1 gramma märkää sedimenttiä, joka kuivattiin 105 °C:ssa. Sedimenttiä hapetettiin H_2O_2 :lla, jonka jälkeen seokseen lisättiin vettä ja sitä kaadettiin lasisille petrimaljoille tasainen kerros. Veden annettiin haihtua ja nokihiukkaset laskettiin stereomikroskoopilla /6/.

3.2 Kloorifenolit

Vapaita kloorifenoleja (menetelmä O-4001) analysoitaessa näytettä uutettiin sisäisen standardin (2,3,6-trikloorifenoli) lisäyksen jälkeen heksaanilla. Uuton jälkeen kloorifenolit asetyloitiin etikkahappoanhydridillä. Kvantitointi suoritettiin kaasukromatografisesti (kaksoiskolonnilaitteisto) EC-detektoreita käyttäen.

Kemiallisesti sitoutuneet kloorifenolit (menetelmä O-4002) analysoitiin heksaanilla uutetusta sedimenttinäytteestä. Näytteeseen lisättiin ensiksi sisäiseksi standardiksi tunnettu määrä 2,4,6-tribromifenolia ja tämän jälkeen sitä uutettiin natriumhydroksidilla. Kaasukromatografista määrittystä varten kloorifenolit asetyloitiin etikkahappoanhydridillä. Kvantitointi suoritettiin EC-detektoreilla.

3.3 Hartsihapot

Hartsihappoanalyysissä (menetelmä O-4004) näytteeseen lisättiin sisäiseksi standardiksi tunnettu määrä heptadekaanihappoa. Liutinuuton jälkeen hartsihapot silyloitiin bis(trimetyylisilyyli)trifluoriasetamidilla. Hartsihappostandardi derivoitiin samanaikaisesti näytteiden kanssa. Kvantitointi suoritettiin kaasukromatografisesti (kaksoiskolonnilaitteisto) FI-detektoreita käyttäen.

3.4 PCB, PCDD ja PCDF

PCB-, PCDD- ja PCDF-määrittämissä (menetelmä O-4003) kylmäkuivattuun näytteeseen lisättiin sisäiseksi standardeiksi tunnetut määrät 2,4,6-triklooribifenyylä, 2,3,7,8-substituoituja ^{13}C -leimattuja dibentso-p-dioksiineja sekä 2,3,7,8-substituoituja ^{13}C -leimattuja dibentsofuraaneja. Liutinuuton ja rikkihappopuhdistuksen jälkeen näytteestä määritettiin PCB:t kaasukromatografisesti (kaksoiskolonnilaitteisto) EC-detektoreita käyttäen. PCB:n kvantitoinnin jälkeen näyte fraktioitiin alumiinioksidi- ja aktiivihiilipylväillä. PCDD:t ja PCDF:t määritettiin massaspektrometrisesti SIM-tekniikkaa käyttäen.

3.5 Elohopea

Elohopea analysoitiin kylmäkuivatuista näytteistä atomiabsorptiospektrometrisesti kylmähöyrytekniikalla SnCl_2 pelkistysaineena. Sedimenttinäytteen hajoitusta ja analysointia valvottiin määrittämällä samanaikaisesti sertifioidun referenssinäytteen (River Sediment CRM 320) elohopeapitoisuus.

4. TULOKSET

4.1 Sedimenttien laatu

Syvänteet olivat useimmissa tutkituissa havaintopisteissä kovan virtauksen (keski-virtaamat: maaliskuu $447 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, elokuu $306 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ /2/) aiheuttaman kulumisen seurauksena kovapohjaisia (karkea sora), eikä niistä löytynyt pehmeitä sedimenttejä (liejua). Tämän vuoksi näytteet useimmissa näytteenottopaikoissa (esim. Koskenalus-järvi) otettiin matalamman veden alueelta, jossa pehmeämpiä sedimenttejä oli löydettävissä.

4.2 Ajoitustulokset

Kuvassa 2 on esitetty Pyhäjärven sedimenttiprofiilin nokipallostratigrafia. Nokipallojen määrän jakautuminen osoitti, että Pyhäjärven sedimentti oli kerrostunut häiriöttömästi. 1970-luvun nokihiukkasparkkeleiden maksimi sijoittui 3-5 cm:n syvyyteen ja 1950-luvun teollistumisvaihe näkyi nokihiukkasparkkeleiden määrän selvänä kasvuna 8-9 cm:n syvyydessä. Keskimääräiseksi vuotuiseksi sedimentaatioksi saatiin nokipalloanalyysin perusteella noin 2 mm/a .

Kuusaanlammen ja Koskenalus-järven 0-15 cm:n näytteissä oli runsaasti teollisuus-peräistä kuitujätettä, mikä tarkoittaa sedimenttikerrostumien syntyneen puunjalostusteollisuuden kuormituksen aikana. Pohjasedimentti oli selvästi sekoittunut voimakkaasta virtauksesta johtuen, eikä se näin ollen soveltunut ajoitettavaksi.

4.3 Kemiaalliset määritykset

Näytteissä mitatut kloorifenoli-, hartsihappo-, PCB-, PCDD/PCDF- ja elohopeapitoisuudet määritysrajoineen on esitetty liitteissä 2-7. Taustamatriisista ja/tai kvantitoitujen yhdisteiden konsentraatiotasosta johtuen yksittäisten näytteiden määritysrajat ovat joissakin näytteissä korkeampia kuin menetelmälle annetut määritysrajat. Mikäli kvantitoitavien yhdisteiden välillä on ollut suuria konsentraatioeroja, tällöin näytteestä on ilmoitettu ainoastaan pääkomponenttien pitoisuudet.

4.3.1 Vapaat ja kemiallisesti sitoutuneet kloorifenolit

Vapaita kloorifenoleja löytyi määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia Ruotsulan-Keltin alueelta otetuista näytteistä sekä Myllykoskelta otetuista näytteistä. Kyseisissä näytteissä mitatut 2,3,4,6-tetrakloorifenoli- ja pentakloorifenolipitoisuudet eivät kuitenkaan olleet kovin korkeita. Muissa näytteissä kloorifenolipitoisuudet olivat pääasiassa pieniä alle määritysrajan olevia taustapitoisuuksia. Tavallisimmin näytteissä havaittiin jälkiä 2,3,4,6-tetrakloorifenolista ja pentakloorifenolista sekä 2,4,6-trikloorifenolista. Keltin sulun alapuolelta sekä Myllykoskelta otetuista näytteistä löytyi jälkiä myös 2,4,6-tribromifenolista. Lisäksi Ruotsulan-Keltin alueelta otetuissa näytteissä havaittiin aistinvaraisesti voimakas öljyn haju.

Pääosa Kymijoen pohjasedimenteissä esiintyvistä kloorifenoleista, klooriguajakoleista sekä kloorikatekoleista on kemiallisesti sitoutuneita. Sellun kloorivalkaisun yhteydessä muodostuvista fenolisista yhdisteistä näytteissä havaittiin 4,5-diklooriguajakolia, 3,4,5-triklooriguajakolia ja tetraklooriguajakolia sekä 3,4,5-trikloorikatekolia ja tetrakloorikatekolia. Lisäksi näytteissä havaittiin 2,4,6-trikloorifenolia, 2,3,4,6-tetrakloorifenolia sekä pentakloorifenolia.

Suurimmat kloorifenolipitoisuudet (2,4,6-trikloorifenoli 0,07 mg/kg, 2,3,4,6-tetrakloorifenoli 7,5 mg/kg ja pentakloorifenoli 1,7 mg/kg) löytyivät Ruotsulan-Keltin alueelta otetuista näytteistä. Mitatut pitoisuudet ovat mahdollisesti peräisin Ky-5 -päästöistä, koska alueelta otetuista näytteistä löytyi myös korkeita pitoisuuksia em. kauppavalmisteen epäpuhtautena sisältämiä PCDD- ja PCDF-yhdisteitä. Pyhäjärven- ja Kuusaanlammessa kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet olivat pääasiassa pieniä, alle määritysrajan olevia taustapitoisuuksia.

4.3.2 Hartsihapot

Sedimentin hartsihappopitoisuudet olivat tyypillisiä paperi- ja selluteollisuuden läheisyydessä esiintyviä pitoisuuksia /20/. Näytteissä havaittiin mm. puussa luonnostaan esiintyvää levopimaarihappoa sekä sulfaattiselluloosatehtaan valkaisu- ja liemissä havaittuja abietiini-, dehydroabietiini-, pimaari- ja isopimaarihappoja. Pääkomponentteina näytteissä esiintyivät levopimaarihappo ja dehydroabietiinihappo. Suurimmat hartsihappopitoisuudet mitattiin Ruotsulan-Keltin alueelta otetuista näytteistä sekä Koskenalusjärvestä otetuista näytteistä.

Laadunvalvontanäytettä analysoitaessa (takaisinsäantokoe) havaittiin, että palustriini- ja neoabietiinihappojen saanto jäi laatujärjestelmän edellyttämää saantoa alhaisemmaksi. Tämän vuoksi kyseisten happojen pitoisuuksia ei voitu määrittää.

4.3.3 Polyklooratut bifenyylit (PCB)

Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet olivat pieniä, alle määritysrajan olevia taustapitoisuuksia. Tulos noudattaa aiemmin alueella tehdyissä sedimenttitutkimuksissa saatuja tuloksia /2/. Sedimenttitutkimusten tulokset yhdessä simpukkaseurannan /21/ tulosten kanssa osoittavat, että Kymijoen vesistöalueella ei ole mitään suurta PCB-vuotoa.

4.3.4 Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit (PCDD) ja dibentsofuraanit (PCDF)

Suurimmat PCDD/PCDF-ekvivalentteina /22/ lasketut pitoisuudet löytyivät Ruotsun-Keltin alueelta (48-2280 µg/kg) sekä Keltin sulun alapuolelta (250-500 µg/kg). Koriolla pitoisuudet olivat 40-60 µg/kg, Myllykoskella 45-95 µg/kg, Koskenalusjärven näytteenottopisteissä 36-110 µg/kg ja Heinäsaaren alueella 4.7-5.1 µg/kg. Pyhäjärvässä ja Kuusaanlammessa pitoisuudet olivat useimpien kongeneerien osalta taustapitoisuuksien tasolla. Jäljempänä mainittujen kahden pääkomponentin osalta pitoisuudet olivat kuitenkin tausta-arvoja jonkin verran korkeampia.

Pääkomponentteina näytteissä olivat 1,2,3,4,6,7,8-heptaklooridibentsofuraani sekä oktaklooridibentsofuraani. Lisäksi näytteissä mitattiin pienempiä pitoisuuksia heksakloorattuja dibentsofuraaneja sekä heksa-, hepta- ja oktakloorattuja dibentso-p-dioksiineja. Kaikkein myrkyllisimpiä (2,3,7,8-tetraklooridibentso-p-dioksiini, 1,2,3,7,8-pentaklooridibentso-p-dioksiini sekä 2,3,4,7,8-pentaklooridibentsofuraani) PCDD- ja PCDF-yhdisteitä näytteissä ei kuitenkaan havaittu. Havaitut yhdisteet ovat mahdollisesti peräisin puunsuojauksessa aiemmin käytetystä Ky-5 -valmisteenä, sillä kyseisen puunsuojausaineen epäpuhtauksina sisältämät PCDD- ja PCDF-yhdisteet /23-25/ ovat samoja kuin sedimenttinäytteistä löydetty yhdisteet.

4.3.5 Elohopea

Näytteiden elohopeapitoisuudet olivat pieniä. Pitoisuudet olivat yleensä samaa luokkaa kuin Keski- ja Etelä-Suomen sisävesissä yleensä, joissa ne ovat 0,17-0,57 mg/kg (Porvari & Verta ym. 1994). Kohonneita pitoisuuksia mitattiin näytenäytteistä Koskenalus 1,1 m ja Ruotsula-Keltti 3 m, joissa pitoisuudet olivat 2,5 mg/kg ja 4,8 mg/kg.

4.4 Raja-arvot

Sedimenttien sisältämille haitta-ainepitoisuuksille ei ole määritelty suurimpia sallittuja enimmäispitoisuuksia tai raja-arvoja. Tämän vuoksi tulostarkastelussa mittaustuloksia on verrattu maaperässä esiintyville haitta-aineille annettuihin ohje- ja raja-arvoihin /27/. Edellä mainittu ohjearvo ilmaisee haitta-aineen sellaista pitoisuutta, jota pidetään ihmiselle ja ympäristölle vaarattomana. Alueen maankäytölle tai massojen sijoittamiselle ei aseteta rajoituksia. Ohjearvon ylittyessä on mahdolliset ympäristövaikutukset selvitettävä. Raja-arvo puolestaan ilmaisee haitta-aineen pitoisuutta, joka yleensä edellyttää kunnostustoimenpiteitä. Vaihtoehtoisesti maankäyttöä tulisi rajoittaa, jotta haitta-aineista ei aiheudu vaaraa terveydelle tai ympäristölle.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Suuren virtausnopeuden vuoksi havaintopaikkojen syvän jokiuoman alueilla ei tavattu kertyvää sedimenttiä. Pehmeät sedimentit löytyvät ranta-alueilta ja akanvirroista. Osassa Ruotsulan-Keltin alueelta otetuista näytteistä löytyi merkkejä öljystä. Alueella on mahdollisesti päästölähde, joka tulisi jatkotutkimuksissa selvittää.

Kloorifenoleiden ohjearvot vaihtelevat tutkituilla yhdisteillä välillä 0,4-2 mg/kg ja raja-arvot välillä 4-60 mg/kg. Klooriguajakoleille ja kloorikatekoleille raja-arvoja ei ole määritetty.

Vapaiden kloorifenoleiden pitoisuudet eivät ylittäneet ohje- ja raja-arvoja yhdessäkään havaintopisteessä.

Kemiallisesti sitoutuneista kloorifenoleista 2,3,4,6-tetrakloorifenolin pitoisuus ylitti saastuneen maan raja-arvon Ruotsulan-Keltin havaintopisteessä ja ohjearvon Myllykosken ja Koskenalusjärven havaintopisteissä. Samoin pentakloorifenolin pitoisuus ylitti ohjearvon selvästi Ruotsulan-Keltin havaintopisteessä.

Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuuksissa näkyi sellun valkaisu-rosesseissa tapahtunut muutos, sillä pintasedimenttinäytteissä (0-5 cm) niiden osuus oli selvästi pienempi kuin aiemmin metsäteollisuuden alapuolisissa vesistöissä tehdyissä tutkimuksissa /9,19/. Hieman syvemmällä sedimentin (mm. Koskenalusjärvi) pinnasta sellun valkaisusta peräisin olevat jäämät alkoivat sen sijaan jo näkyä.

PCDD- ja PCDF-yhdisteiden osalta tulokset vahvistavat alueella aiemmissa tutkimuksissa tehdyt havainnot /2,3/. Ruotsulan-Keltin ja Heinäsaaren välisellä alueella jokisedimentti on paikoittain erityisesti PCDF-yhdisteiden saastuttama.

Myllykosken voimalaitoksen laajentamisen yhteydessä otetuissa sedimenttinäytteissä /28/ havaittiin niin korkeita PCDD- ja PCDF-pitoisuuksia, että kahden näytteen osalta näytteenottopisteen sedimentti luokiteltiin erittäin pahoin saastuneeksi ja kolmannenkin näytepisteen sedimentti oli saastunut. Tehdyssä jatkotutkimuksessa /29/ kaikkien näytepisteiden sedimentti luokiteltiin erittäin pahoin saastuneeksi.

Kotkassa Hietasen sataman laajennuksen yhteydessä tehdyissä sedimenttitutkimuksissa /30,31/ näytteissä mitattiin niin korkeita PCDD- ja PCDF-pitoisuuksia, että tulosten perusteella kyseiset näytteenottopisteet määriteltiin joko pahoin saastuneiksi alueiksi tai erittäin pahoin saastuneiksi alueiksi. Myös Kotkan Kaukolasta otettujen sedimenttinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet olivat niin korkeita, että alue luokiteltiin useimpien näytteiden osalta erittäin pahoin saastuneeksi.

Sedimentin PCDD- ja PCDF-pitoisuuksille ei ole määritetty raja-arvoja. Maaperä- ja pölynäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuuksille on sen sijaan annettu joitakin suosituksia ja raja-arvoja. Esimerkiksi USA:ssa on 1980-luvulla PCDD- ja PCDF-yhdisteillä saastunut maa määritetty ongelmajätteeksi, mikäli analyysitulokset (PCDD/PCDF-ekvivalentteina) on ylittänyt pitoisuuden 1 µg/kg. Mikäli kyseistä raja-arvoa sovellettaisiin tässä tutkimuksessa analysoituihin näytteisiin, valtaosa niistä tulisi luokitella ongelmajätteeksi.

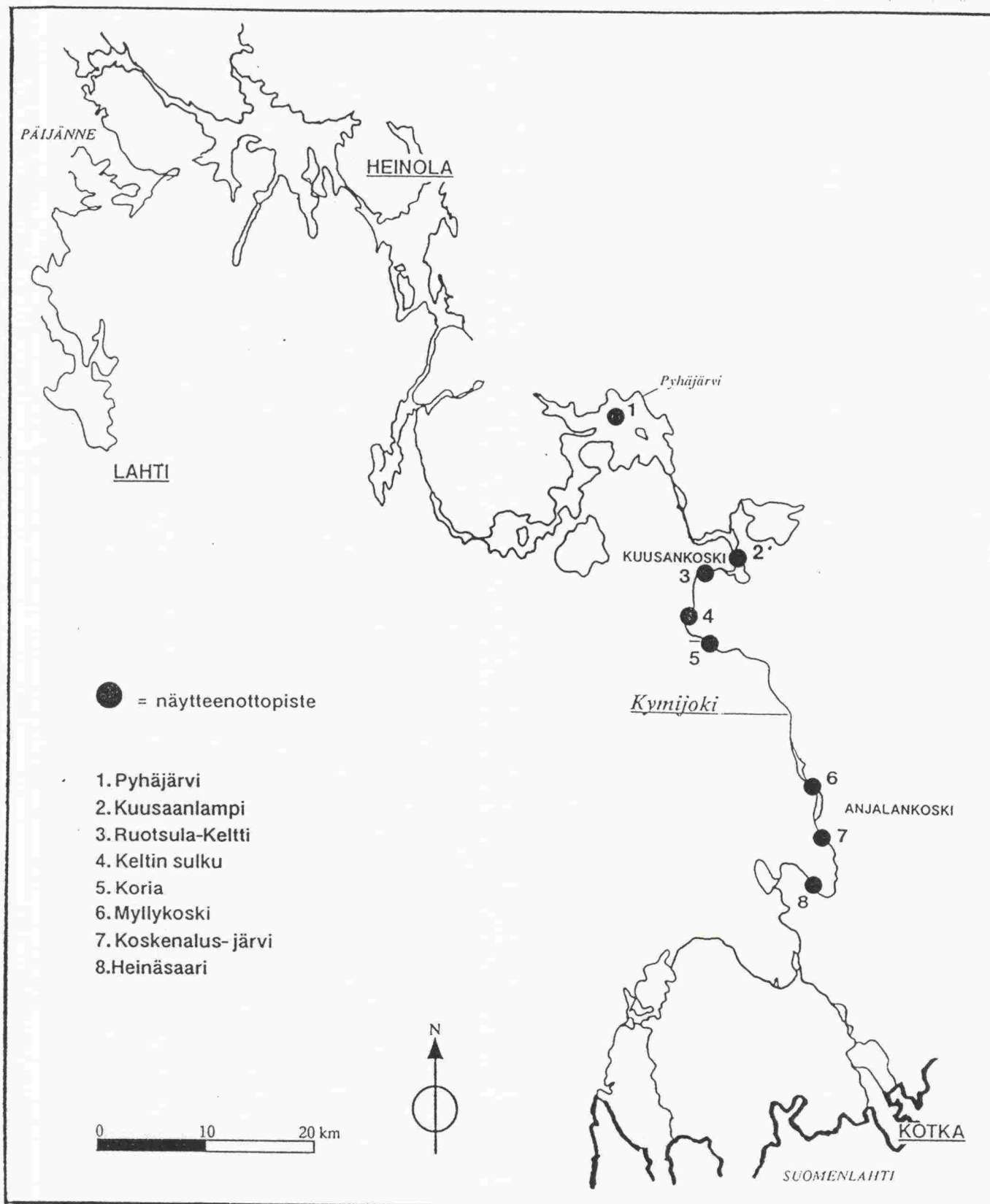
Elohopea on ollut Kymijoen ja sen edustan merialueen ongelma pitkään. Päälähteenä ovat olleet Kuusansaaren kloorialkalitehtaan päästöt sekä kemiallisen metsäteollisuuden elohopeapitoisten yhdisteiden käyttö limantorjunnassa aina 1960-luvun loppupuolelle. Tässä tutkimuksessa kohonneita pitoisuuksia mitattiin Ruotsulan-Keltin ja Koskenalus-järven havaintopisteistä. Muissa alueella tehdyissä tutkimuksissa kohonneita elohopeapitoisuuksia on havaittu mm. Myllykoskella /28/.

KIRJALLISUUS

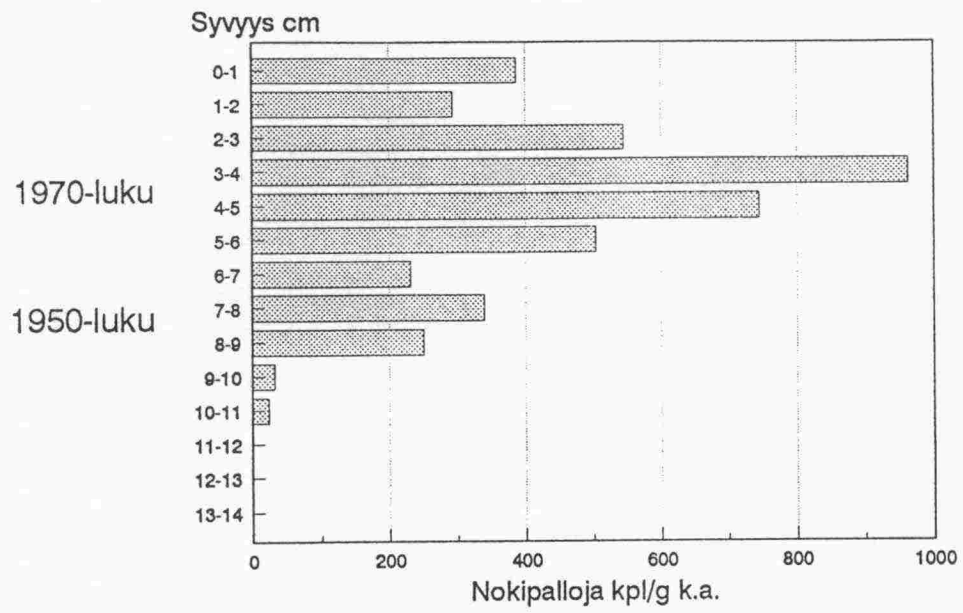
1. Welling, L., Kymijoen ja sen edustan merialueen vesistöntarkkailuohjelmaan liittyvät kala-, simpukka- ja sedimenttitutkimukset, tutkimusraportti, Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus, Jyväskylä, 1995
2. Paasivirta, J., Organoklooriyhdisteet Kymijoella 1990-luvulla, Suomen ympäristökeskuksen moniste 18:1996, Suomen ympäristökeskus, Helsinki, 1996
3. Koistinen, J., Paasivirta, J., Suonperä, M. & Hyvärinen, H., Contamination of Pike and Sediment from the Kymijoki River by PCDEs, PCDDs, and PCDFs: Contents and Patterns Compared to Pike and Sediment from the Bothnian Bay and Seals from Lake Saimaa, Environ. Sci. Technol. 29 (1995) 2541-2547
4. Sundell, P., Granberg, K. & Hynynen, J., Keiteleen kanavan rakentamisen vaikutukset vesistön veden laatuun, pohjaeläimistöön, kaloihin ja kalatalouteen, Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 147 (1995) 1-60
5. Granberg, K., Seppänen, M.-T., Welling, L. & Paukku, R., Ruoppauksen ja läjityksen vaikutukset haitallisten aineiden irtoamiseen pohjasedimentistä Keitele-Päijänne - kanavan rakentamisen yhteydessä
6. Renberg, I. & Wik, M., Dating recent lake sediments by sootparticle counting, Verh. Internat. Verein Limnol. 22 (1984) 712-718
7. Granberg, K. & Welling, L., Klooriyhdisteet ja elohopea Jämsänjoen pohjasedimentissä, tutkimusraportti, Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus, Jyväskylä, 1991
8. Paasivirta, J., Kemia XVIII, Ympäristökemian perusteet, Jyväskylän yliopiston kemian laitos, Jyväskylä, 1991
9. Paasivirta, J., Organochlorines from pulp mills and other sources. Research methodology studies 1988-91, Research Report No 38, Department of Chemistry, University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1992
10. Michelsson, P., Valkaisujätevesien sisältämistä haitallisista aineista ja niiden vaikutuksista vesistössä, Vesihallituksen monistesarja 1982:114, Vesihallitus, Helsinki, 1982

11. Paasivirta, J., Mäntykoski, K., Paukku, R., Piilola, T., Vihonen, H., Särkkä, J. & Granberg, K., PCB in the sediments of the Lake Jyväsjärvi, *Aqua Fennica* 16 (1986) 17-23
12. Tanabe, S., PCB problems in the future: Foresight from current knowledge, *Environ. Pollut.* 50 (1988) 5-28
13. Welling, L., Paukku, R. & Mäntykoski, K., PCB in recycled paper products, *Chemosphere* 25 (1992) 293-295
14. Jensen, S., Report of a new chemical hazard, *New Sci.* 32 (1966) 612
15. Työministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista tekijöistä, Suomen säädöskokoelma n:o 838/1993
16. Lang, V., Polychlorinated biphenyls in the environment. Review, *J. Chromatogr.* 595 (1992) 1-43
17. PCB:n käytöstä luovutaan Suomessa, *Jäte ja ympäristö* 1/1990 s. 26
18. Rappe, C., Andersson, R., Bergqvist, P.-E., Brohede, C., Hansson, M., Kjeller, L.-O., Lindström, G., Marklund, S., Nygren, M., Swanson, S.E., Tysklind, M. & Wiberg, K., Overview on environmental fate of chlorinated dioxins and dibenzofurans. Sources, levels and isomeric pattern in various matrices, *Chemosphere* 16 (1987) 1603-1618
19. Paasivirta, J., Särkkä, J., Maatela, P., Welling, L., Paukku, R., Hakala, H., Koistinen, J. & Herve, S., Organoklooriyhdisteiden kulkeutumistutkimus Keski-Suomen järvisedimenteistä, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 280, Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki, 1990
20. Salonen, V.-P., Meriläinen, J.J., Heikkinen, P., Hynynen, J., Welling, L. & Witick, A., Metsä-Serlan Kirkniemen paperitehtaan, alapuolisen vesistöalueen sedimenttitutkimus Osuniemenlahden kunnostussuunnitelmaa varten, tutkimusraportti, Turun yliopiston geologian laitos, Turku, 1996
21. Herve, S., Heinonen, P. & Paasivirta, J., Monitoring trends in chlorophenolics in Finnish pulp mill recipient watercourses by bioaccumulation in incubated mussels. In: Servos, M.R., Munkittrick, K.R, Carey, J.H. & Van Der Kraak, G.J. (Eds.), *Environmental Effects of Pulp and Paper Mill Effluents*, St. Lucie Press, Boca Raton FL, USA, 1995, in press
22. Safe, S., Development, validation and limitations of toxic equivalency factors, *Chemosphere* 25 (1992) 61-64
23. Humppi, T., Synthesis, Identification and Analysis of Dimeric Impurities of Chlorophenols, Research Report No 23, Department of Chemistry, University of Jyväskylä, Jyväskylä, 1985

24. Humppi, T., Knuutinen, J. & Paasivirta, J., Analysis of polychlorinated phenoxyphenols in technical chlorophenol formulations and in sawmill environment, *Chemosphere* 13 (1984) 1235-1241
25. Humppi, T. & Heinola, K., Synthesis and gas chromatographic-mass spectrometric determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and related compounds in the technical chlorophenol formulation Ky-5, *J. Chromatogr.* 331 (1985) 410-418
26. Porvari, P. & Verta, M., Elohopea ympäristössä ja tekoaltaissa, Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A:162, Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki, 1993
27. Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U., Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti, Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston muistio 5:1994, Ympäristöministeriö, Helsinki, 1994
28. Heitto, L. & Anttila-Huhtinen, M., Myllykoski Oy:n vesivoimalaitoksen laajentamisen vesistövaikutusten pohjasedimenttitutkimukset Kymijoessa, tutkimusraportti 2:1995, Kymijoen Vesiensuojeluyhdistys ry, Kouvola, 1995
29. Anttila-Huhtinen, M., Myllykoski Oy:n voimalaitoksen laajentamiseen liittyvä sedimenttitutkimus Kymijoessa, tutkimusraportti 5:1995, Kymijoen Vesiensuojeluyhdistys ry, Kouvola, 1995
30. Norema, R., tutkimusraportti 2223:1995, Kymen Viatek Oy, Karhula, 1995
31. Norema, R., tutkimusraportti 2260:1995, Kymen Viatek Oy, Karhula, 1995
32. Norema, R., tutkimusraportti 2279:1995, Kymen Viatek Oy, Karhula, 1995



Kuva 1. Kymijoen vesistöalueen sedimenttitutkimuksen näytteenottopisteet.



Kuva 2. Jaalan Pyhäjärven sedimenttikerrosten nokihiukkasanalyysi

Kymijoen vesistöalueelta otettujen sedimenttinäytteiden näytetiedot.

Havaintopaikka	koordinaatit	syvyys	sedimentin laatu
Pyhäjärvi	676795-347210	17 m	savileiju, kova pohja
	676795-347210	17 m	"
	676795-347210	17 m	"
Kuusaanlampi	675590-348275	22 m	kuitujätettä
	675590-348275	22 m	"
	675590-348275	22 m	"
Ruotsulan-Keltin alue	675465-347930	3 m	hiekkaa, kuitua
	675465-347930	5 m, A	öljymäinen
	675465-347930	5 m, B	hiekkaa, kuitua
Keltin sulun alapuoli	675065-347840	4 m, A	kasvikariketta, kuitujätettä
	675065-347840	4 m, B	"
	675065-347840	5 m	"
Koria	674860-348060	5 m	liejua
	674860-348060	6 m	"
	674860-348060	8 m	"
Myllykoski	673620-348938	3 m	liejua (0-5 cm), alla kuitujätettä
	673620-348938	6 m	"
	673620-348938	9 m	"
Koskenalus-järvi	673150-349000	1,1 m	liejua (0-5 cm), alla kuitujätettä
	673150-349020	9 m	kuitujätettä
	673150-349020	9 m	kuitujätettä
Heinäsaari	672735-348990	3 m, A	liejusavi (0-5 cm), alla glasiaalisavi
	672735-348990	3 m, B	"
	672735-348990	3 m, C	"

Kymijoen vesistöalueelta otettujen sedimentinäytteiden näytetiedot.

Havaintopaikka	näytekerros	syvyys	päivämäärä
Pyhäjärvi	0-3 cm	17 m	12.3.1996
	5-8 cm	17 m	12.3.1996
	11-14 cm	17 m	12.3.1996
Kuusaanlampi	0-5 cm	22 m	12.6.1996
	5-10 cm	22 m	12.6.1996
	10-15 cm	22 m	12.6.1996
Ruotsulan-Keltin alue	0-5 cm	3 m	14.6.1996
	0-5 cm	5 m, A	14.6.1996
	0-5 cm	5 m, B	14.6.1996
Keltin sulun alapuoli	0-5 cm	4 m, A	13.6.1996
	0-5 cm	4 m, B	13.6.1996
	0-5 cm	5 m	13.6.1996
Koria	0-5 cm	5 m	13.6.1996
	0-5 cm	6 m	13.6.1996
	0-5 cm	8 m	13.6.1996
Myllykoski	0-5 cm	3 m	14.6.1996
	0-5 cm	6 m	14.6.1996
	0-5 cm	9 m	14.6.1996
Koskenalus-järvi	0-20 cm	1,1 m	13.6.1996
	0-5 cm	9 m	13.6.1996
	20-29 cm	9 m	13.6.1996
Heinäsaari	0-5 cm	3 m, A	13.6.1996
	0-5 cm	3 m, B	13.6.1996
	0-5 cm	3 m, C	13.6.1996

Vapaiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Pyhäjärvi			Kuusaanlampi		
		17 m 0-3 cm	17 m 5-8 cm	17 m 11-14 cm	22 m 0-5 cm	22 m 5-10 cm	22 m 10-15 cm
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		16,1	27,4	35,6	27,3	32,7	29,8

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli

Vapaiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Ruotsula-Keltti			Keltin sulun alapuoli		
		3 m 0-5 cm ⁽³⁾	5 m, A 0-5 cm ⁽⁴⁾	5 m, B 0-5 cm ^(4,5)	4 m, A 0-5 cm ⁽¹⁾	4 m, B 0-5 cm ^(1,2)	5 m 0-5 cm ⁽¹⁾
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	0,26	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	0,16	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		26,8	31,5	27,0	64,8	62,0	61,8

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,3,4,6-tetrakloorifenolista ja pentakloorifenolista. (2) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,4,6-tribromifenolista. (3) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,4,6-trikloorifenolista. (4) Näyte sisältää mahdollisesti öljyä. (5) Näytteessä havaittiin jälkiä pentakloorifenolista.

Vapaiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Koria			Myllykoski		
		5 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	8 m 0-5 cm	3 m 0-5 cm ⁽¹⁾	6 m 0-5 cm ^(1,2)	9 m 0-5 cm ^(1,3)
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,02	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		17,4	15,1	15,3	20,5	19,3	18,5

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,3,4,6-tetrakloorifenolista. (2) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,4,6-tribromifenolista. (3) Näytteessä havaittiin jälkiä pentakloorifenolista.

Vapaiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimenttinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koskenalus-järvi			Heinäsaari		
		1,1 m 0-20 cm ⁽¹⁾	9 m 0-5 cm ⁽²⁾	9 m 20-29 cm	3 m, A 0-5 cm	3 m, B 0-5 cm	3 m, C 0-5 cm
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		21,0	15,9	18,4	71,7	60,7	57,0

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,3,4,6-tetrakloorifenolista ja pentakloorifenolista. (2) Näytteessä havaittiin jälkiä pentakloorifenolista.

Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Pyhäjärvi			Kuusaanlampi		
		17 m 0-3 cm	17 m 5-8 cm	17 m 11-14 cm	22 m 0-5 cm	22 m 5-10 cm	22 m 10-15 cm ⁽¹⁾
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		16,1	27,4	35,6	27,3	32,7	29,8

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä pentakloorifenolista.

Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Ruotsula-Keltti			Keltin sulun alapuoli		
		3 m 0-5 cm	5 m, A 0-5 cm	5 m, B 0-5 cm	4 m, A 0-5 cm ⁽¹⁾	4 m, B 0-5 cm ⁽¹⁾	5 m 0-5 cm
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	7,5	0,22	0,60	0,06	0,05	0,16
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	0,07	< 0,04	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	1,7	0,08	0,16	0,04	0,02	0,04
345-TrCC	0,04	0,22	0,11	0,57	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	0,10	0,15	0,28	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		26,8	31,5	27,0	64,8	62,0	61,8

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 3,4,5-trikloorikatekolista.

Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimenttinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koria			Myllykoski		
		5 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	8 m 0-5 cm	3 m 0-5 cm ⁽¹⁾	6 m 0-5 cm	9 m 0-5 cm ⁽¹⁾
26-DiCP	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
24+25-DiCP	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
35-DiCP	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
23-DiCP	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
34-DiCP	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
246-TrCP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
235-TrCP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
245-TrCP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
234-TrCP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
345-TrCP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
45-DiCG	0,1	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2356-TeCP	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
2346-TeCP	0,02	0,14	0,14	0,15	0,19	0,20	0,43
34-DiCC	0,3	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7
2345-TeCP	0,02	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
345-TrCG	0,04	0,2	0,2	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
456-TrCG	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
PeCP	0,01	0,07	0,05	0,06	0,09	0,06	0,06
345-TrCC	0,04	0,4	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2
TeCG	0,02	0,12	0,12	0,08	< 0,05	0,05	< 0,05
DMP	0,04	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
TeCC	0,02	0,19	0,16	0,10	0,11	0,24	0,16
kuiva-aine %		17,4	15,1	15,3	20,5	19,3	18,5

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 3,4,5-triklooriguajakolista ja tetraklooriguajakolista.

Kemiallisesti sitoutuneiden kloorifenolien pitoisuudet (mg/kg) sedimentinäytteissä kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koskenalus-järvi			Heinäsaari		
		1.1 m 0-20 cm ⁽¹⁾	9 m 0-5 cm	9 m 20-29 cm ⁽²⁾	3 m, A 0-5 cm ⁽³⁾	3 m, B 0-5 cm ^(3,4)	3 m, C 0-5 cm
26-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
24+25-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
35-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
34-DiCP	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
246-TrCP	0,04	0,10	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
235-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
245-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
234-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
345-TrCP	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
45-DiCG	0,1	< 0,1	< 0,1	0,22	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2356-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
2346-TeCP	0,02	0,76	0,05	0,08	< 0,02	< 0,02	< 0,02
34-DiCC	0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
2345-TeCP	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
345-TrCG	0,04	0,20	0,07	0,20	< 0,04	< 0,04	< 0,04
456-TrCG	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PeCP	0,01	0,12	< 0,01	0,02	0,02	< 0,01	< 0,01
345-TrCC	0,04	< 0,25	0,14	0,30	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCG	0,02	0,06	< 0,02	0,16	< 0,02	< 0,02	< 0,02
DMP	0,04	< 0,04	< 0,04	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04
TeCC	0,02	< 0,15	0,13	0,39	< 0,02	< 0,02	< 0,02
kuiva-aine %		21,0	15,9	18,4	71,7	60,7	57,0

DiCP=dikloorifenoli, TrCP=trikloorifenoli, DiCG=diklooriguajakoli, TeCP=tetrakloorifenoli, DiCC=dikloorikatekoli, TrCG=triklooriguajakoli, PeCP=pentakloorifenoli, TrCC=trikloorikatekoli, TeCG=tetraklooriguajakoli, DMP=2,6-dimetoksi-3,4,5-trikloorifenoli, TeCC=tetrakloorikatekoli. (1) Näytteessä havaittiin jälkiä 3,4-dikloorikatekolista. (2) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,4,6-trikloorifenolista. (3) Näytteessä havaittiin jälkiä 2,3,4,6-tetrakloorifenolista. (4) Näytteessä havaittiin merkkejä pentakloorifenolista.

Sedimenttinäytteiden hartsihappopitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Pyhäjärvi			Kuusaanlampi		
		17 m 0-3 cm	17 m 5-8 cm	17 m 11-14 cm	22 m 0-5 cm	22 m 5-10 cm	22 m 10-15 cm
pimaarihappo	0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	5,0	5,4	6,2
sandarakopimaari- happo	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	4,3	2,3	3,2
isopimaarihappo	0,2	0,3	0,2	< 0,2	18	8,2	12
palustriinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
levopimaarihappo	0,2	0,6	1,0	< 0,2	18	19	60
dehydroabietiini- happo	0,2	1,3	1,4	0,2	47	31	42
abietiinihappo	0,3	0,5	0,5	< 0,3	13	7,3	8,2
neoabietiinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
klooridehydro- abietiinihappo	0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 8,0	< 8,0	< 8,0
kuiva-aine %		16,1	27,4	35,6	27,3	32,7	29,8

n.d. = ei määritetty

Sedimenttinäytteiden hartsihappopitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Ruotsula-Keltti			Keltin sulun alapuoli		
		3 m 0-5 cm	5 m, A 0-5 cm ⁽¹⁾	5 m, B 0-5 cm ⁽¹⁾	4 m, A 0-5 cm	4 m, B 0-5 cm	5 m 0-5 cm
pimaarihappo	0,2	9,2	11	16	1,4	2,0	4,6
sandarakopimaari- happo	0,2	7,9	< 4,0	< 4,0	< 1,0	< 1,0	1,8
isopimaarihappo	0,2	23	< 4,0	7,5	3,4	3,4	3,8
palustriinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
levopimaarihappo	0,2	73	69	76	6,7	8,0	3,6
dehydroabietiini- happo	0,2	80	7,5	33	8,9	11	14
abietiinihappo	0,3	23	< 6,0	< 6,0	3,7	5,6	3,2
neoabietiinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
klooridehydro- abietiinihappo	0,4	30	8,9	47	< 2,0	< 2,0	< 2,0
kuiva-aine %		26,8	31,5	27,0	64,8	62,0	61,8

n.d. = ei määritetty. (1) Näyte sisältää mahdollisesti öljyä.

Sedimenttinäytteiden hartsihappopitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koria			Mylykoski		
		5 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	8 m 0-5 cm	3 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	9 m 0-5 cm
pimaarihappo	0,2	4,0	2,7	2,6	3,4	3,3	4,0
sandarakopimaari- happo	0,2	3,8	3,2	3,2	3,5	3,2	2,9
isopimaarihappo	0,2	15	15	13	14	15	14
palustriinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
levopimaarihappo	0,2	18	15	15	29	25	68
dehydroabietiini- happo	0,2	35	38	27	36	36	50
abietiinihappo	0,3	13	11	10	10	12	9,0
neoabietiinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
klooridehydro- abietiinihappo	0,4	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0
kuiva-aine %		17,4	15,1	15,3	20,5	19,3	18,5

n.d. = ei määritetty

Sedimenttinäytteiden hartsihappopitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koskenalus-järvi			Heinäsaari		
		1.1 m 0-20 cm	9 m 0-5 cm	9 m 20-29 cm	3 m, A 0-5 cm	3 m, B 0-5 cm	3 m, C 0-5 cm
pimaarihappo	0,2	14	11	5,6	< 0,2	0,7	0,3
sandarakopimaari- happo	0,2	10	15	3,9	< 0,2	0,8	0,3
isopimaarihappo	0,2	45	46	17	0,6	2,3	1,0
palustriinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
levopimaarihappo	0,2	95	30	53	0,9	2,0	0,9
dehydroabietiini- happo	0,2	135	93	53	1,7	5,0	2,1
abietiinihappo	0,3	39	32	11	0,4	2,0	0,7
neoabietiinihappo	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
klooridehydro- abietiinihappo	0,4	46	< 8,0	< 8,0	< 0,4	< 0,4	< 0,4
kuiva-aine %		21,0	15,9	18,4	71,7	60,7	57,0

n.d. = ei määritetty

Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Pyhäjärvi			Kuusaanlampi		
		17 m 0-3 cm	17 m 5-8 cm	17 m 11-14 cm	22 m 0-5 cm	22 m 5-10 cm	22 m 10-15 cm
PCB 8	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 18	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 28	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 101	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 118	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 153	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 105	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 138	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 128	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 156	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB 180	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
PCB _{kok}	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,1	< 0,1	< 0,1
kuiva-aine %		16,1	27,4	35,6	27,3	32,7	29,8

Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Ruotsula-Keltti			Keltin sulun alapuoli		
		3 m 0-5 cm	5 m, A 0-5 cm	5 m, B 0-5 cm	4 m, A 0-5 cm	4 m, B 0-5 cm	5 m 0-5 cm
PCB 8	0,003	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
PCB 18	0,003	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PCB 28	0,002	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 52	0,003	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
PCB 101	0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 118	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 105	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 128	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 156	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB _{kok}	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
kuiva-aine %		26,8	31,5	27,0	64,8	62,0	61,8

Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Koria			Myllykoski		
		5 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	8 m 0-5 cm	3 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	9 m 0-5 cm
PCB 8	0,003	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
PCB 18	0,003	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
PCB 28	0,002	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
PCB 52	0,003	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
PCB 101	0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 118	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 105	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 128	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 156	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB _{kok}	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
kuiva-aine %		17,4	15,1	15,3	20,5	19,3	18,5

Sedimenttinäytteiden PCB-pitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Koskenalus-järvi			Heinäsaari		
		1.1 m 0-20 cm	9 m 0-5 cm	9 m 20-29 cm	3 m, A 0-5 cm	3 m, B 0-5 cm	3 m, C 0-5 cm
PCB 8	0,003	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,006	< 0,006	< 0,006
PCB 18	0,003	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,004	< 0,004	< 0,004
PCB 28	0,002	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 52	0,003	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,004	< 0,004	< 0,004
PCB 101	0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,002	< 0,002	< 0,002
PCB 118	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 153	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 105	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 138	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 128	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 156	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB 180	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001
PCB _{kok}	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,03	< 0,03	< 0,03
kuiva-aine %		21,0	15,9	18,4	71,7	60,7	57,0

Sedimentinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet (µg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Pyhäjärvi			Kuusaanlampi		
		17 m 0-3 cm	17 m 5-8 cm	17 m 11-14 cm	22 m 0-5 cm	22 m 5-10 cm	22 m 10-15 cm
2378-TeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
12378-PeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
123478-HxCDD	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123678-HxCDD	0,03	0,30	0,52	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123789-HxCDD	0,03	0,20	0,27	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
1234678-HpCDD	0,03	1,1	1,8	< 0,03	0,16	0,08	< 0,03
OcCDD	0,1	1,1	2,9	< 0,1	0,14	0,11	< 0,1
2378-TeCDF	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
12378-PeCDF	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
23478-PeCDF	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
123478-HxCDF	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123678-HxCDF	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123789-HxCDF	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
234678-HxCDF	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
1234678-HpCDF	0,03	0,48	0,80	< 0,03	1,2	0,29	1,6
1234789-HpCDF	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
OcCDF	0,1	1,1	1,1	< 0,1	1,1	0,2	1,4
TEQ PCDD/PCDF		0,14	0,21	0,04	0,16	0,06	0,20
kuiva-aine %		16,1	27,4	35,6	27,3	32,7	29,8

TeCDD=tetraklooridibentso-p-dioksiini, PeCDD=pentaklooridibentso-p-dioksiini, HxCDD=heksaklooridibentso-p-dioksiini, HpCDD=heptaklooridibentso-p-dioksiini, OcCDD=oktaklooridibentso-p-dioksiini, TeCDF=tetraklooridibentsofuraani, PeCDF=pentaklooridibentsofuraani, HxCDF=heksaklooridibentsofuraani, HpCDF=heptaklooridibentsofuraani, OcCDF=oktaklooridibentsofuraani

Sedimenttinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet (µg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittäysraja	Ruotsula-Keltti			Keltin sulun alapuoli		
		3 m 0-5 cm	5 m, A 0-5 cm	5 m, B 0-5 cm	4 m, A 0-5 cm	4 m, B 0-5 cm	5 m 0-5 cm
2378-TeCDD	0,02	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
12378-PeCDD	0,02	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
123478-HxCDD	0,03	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
123678-HxCDD	0,03	5,4	< 0,2	< 0,2	1,3	< 0,2	< 0,2
123789-HxCDD	0,03	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1234678-HpCDD	0,03	24	0,9	3,2	3,6	3,4	2,0
OcCDD	0,1	41	2,0	9,9	5,1	4,4	1,9
2378-TeCDF	0,02	0,6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
12378-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
23478-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
123478-HxCDF	0,03	29	< 0,3	< 0,3	6,4	2,4	< 0,3
123678-HxCDF	0,03	3,9	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
123789-HxCDF	0,03	6,8	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
234678-HxCDF	0,03	2,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
1234678-HpCDF	0,03	22500	480	1600	4880	2890	2490
1234789-HpCDF	0,03	19	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
OcCDF	0,1	20400	360	1120	6550	1790	1290
TEQ PCDD/PCDF		2280	48	160	500	290	250
kuiva-aine %		26,8	31,5	27,0	64,8	62,0	61,8

TeCDD=tetraklooridibentso-p-dioksiini, PeCDD=pentaklooridibentso-p-dioksiini, HxCDD=heksaklooridibentso-p-dioksiini, HpCDD=heptaklooridibentso-p-dioksiini, OcCDD=oktaklooridibentso-p-dioksiini, TeCDF=tetraklooridibentsofuraani, PeCDF=pentaklooridibentsofuraani, HxCDF=heksaklooridibentsofuraani, HpCDF=heptaklooridibentsofuraani, OcCDF=oktaklooridibentsofuraani

Sedimentinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet (µg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määrittysraja	Koria			Myllykoski		
		5 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	8 m 0-5 cm	3 m 0-5 cm	6 m 0-5 cm	9 m 0-5 cm
2378-TeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
12378-PeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
123478-HxCDD	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123678-HxCDD	0,03	0,16	< 0,03	0,20	0,21	0,36	< 0,03
123789-HxCDD	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
1234678-HpCDD	0,03	0,39	0,78	0,55	0,53	1,1	0,59
OcCDD	0,1	0,6	1,5	1,0	0,9	1,6	1,1
2378-TeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
12378-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
23478-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
123478-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,9	1,4	< 0,2
123678-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
123789-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
234678-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
1234678-HpCDF	0,03	400	590	660	820	940	450
1234789-HpCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
OcCDF	0,1	340	740	800	630	530	310
TEQ PCDD/PCDF		40	60	67	83	95	45
kuiva-aine %		17,4	15,1	15,3	20,5	19,3	18,5

TeCDD=tetraklooridibentso-p-dioksiini, PeCDD=pentaklooridibentso-p-dioksiini, HxCDD=heksaklooridibentso-p-dioksiini, HpCDD=heptaklooridibentso-p-dioksiini, OcCDD=oktaklooridibentso-p-dioksiini, TeCDF=tetraklooridibentsofuraani, PeCDF=pentaklooridibentsofuraani, HxCDF=heksaklooridibentsofuraani, HpCDF=heptaklooridibentsofuraani, OcCDF=oktaklooridibentsofuraani

Sedimenttinäytteiden PCDD- ja PCDF-pitoisuudet (µg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Yhdiste	määritysraja	Koskenalus-järvi			Heinäsaari		
		1.1 m 0-20 cm	9 m 0-5 cm	9 m 20-29 cm	3 m, A 0-5 cm	3 m, B 0-5 cm	3 m, C 0-5 cm
2378-TeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
12378-PeCDD	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
123478-HxCDD	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123678-HxCDD	0,03	0,53	0,22	0,26	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123789-HxCDD	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
1234678-HpCDD	0,03	1,6	0,54	0,72	< 0,03	< 0,03	< 0,03
OcCDD	0,1	4,8	1,1	0,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1
2378-TeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
12378-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
23478-PeCDF	0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,02	< 0,02	< 0,02
123478-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123678-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
123789-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
234678-HxCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
1234678-HpCDF	0,03	1130	700	360	46	50	47
1234789-HpCDF	0,03	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
OcCDF	0,1	900	580	210	26	50	38
TEQ PCDD/PCDF		110	71	36	4,7	5,1	4,8
kuiva-aine %		21,0	15,9	18,4	71,7	60,7	57,0

TeCDD=tetraklooridibentso-p-dioksiini, PeCDD=pentaklooridibentso-p-dioksiini, HxCDD=heksaklooridibentso-p-dioksiini, HpCDD=heptaklooridibentso-p-dioksiini, OcCDD=oktaklooridibentso-p-dioksiini, TeCDF=tetraklooridibentsofuraani, PeCDF=pentaklooridibentsofuraani, HxCDF=heksaklooridibentsofuraani, HpCDF=heptaklooridibentsofuraani, OcCDF=oktaklooridibentsofuraani

Sedimenttinäytteiden elohopeapitoisuudet (mg/kg) kuiva-ainetta kohti laskettuna.

Havaintopaikka	näytekerros	syvyys	Hg
Pyhäjärvi	0-3 cm	17 m	0,08
	5-8 cm	17 m	0,16
	11-14 cm	17 m	0,04
Kuusaanlampi	0-5 cm	22 m	0,62
	5-10 cm	22 m	0,78
	10-15 cm	22 m	1,1
Ruotsula-Keltti	0-5 cm	3 m	4,8
	0-5 cm	5 m, A	0,81
	0-5 cm	5 m, B	0,35
Keltin sulun alapuoli	0-5 cm	4 m, A	0,62
	0-5 cm	4 m, B	0,64
	0-5 cm	5 m	0,62
Koria	0-5 cm	5 m	0,43
	0-5 cm	6 m	0,44
	0-5 cm	8 m	0,49
Myllykoski	0-5 cm	3 m	0,41
	0-5 cm	6 m	0,44
	0-5 cm	9 m	0,54
Koskenalus-järvi	0-20 cm	1,1 m	2,5
	0-5 cm	9 m	0,49
	20-29 cm	9 m	0,43
Heinäsaari	0-5 cm	3 m, A	0,05
	0-5 cm	3 m, B	0,05
	0-5 cm	3 m, C	0,04
määrittäysraja			0,02